

# **Eine Methode zur graphischen Darstellung einfacher Bewegungsabläufe bei Kindern**

von

**Rolf-Peter Maack**

aus

**Hannover**

1972 12 37 6



Digitized by the Internet Archive  
in 2026



Aus der Kinderklinik  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Direktor: Prof. Dr. med. A. Windorfer

---

# **Eine Methode zur graphischen Darstellung einfacher Bewegungsabläufe bei Kindern**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt  
von  
**Rolf-Peter Maack**  
aus  
**Hannover**

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen - Nürnberg

Aus der Dissertation  
des Universitäts-Erzgebirgs-Krankenhauses  
Erhalten hat sie auch A. Windorfer

Eine Methode zur graphischen Darstellung  
einfacher Bewegungsabläufe bei Kindern

Regulär Dissertation  
der Universität Erlangen  
am 13. Juni 1972  
von Dr. G. Neuhäuser  
Erstgutachter: Professor Dr. A. Windorfer  
Zweitgutachter: Professor Dr. G. Koch



Dekan: Professor Dr. G. Koch  
Referent: Priv. Doz. Dr. G. Neuhäuser  
Corréferent: Professor Dr. A. Windorfer  
Tag der mündlichen Prüfung: 13. Juni 1972

UNIVERSITÄT

## Inhalt:

|                                   | Seite |
|-----------------------------------|-------|
| Einleitung                        | 1     |
| Methode                           | 2     |
| Versuchspersonen                  | 5     |
| Versuchsauswertung und Ergebnisse | 7     |
| Diskussion                        | 20    |
| Zusammenfassung                   | 23    |
| Schrifttum                        | 25    |



## Einleitung:

Für die neurologische Beurteilung eines Patienten spielt die Begutachtung seiner motorischen Fähigkeiten eine bedeutende Rolle; sie sind ein Ausdruck der engen Wechselbeziehungen zwischen Bewegungsapparat und Zentralnervensystem. Störungen der Motorik erlauben daher diagnostischen Rückschluß auf Lokalisation oder Ausmaß von Läsionen nervaler Strukturen. So bezeichnet GÖLLNITZ eine "retardierte und normwidrige Motorik" als das empfindlichste Kriterium für die Diagnose cerebraler Störungen im Kindesalter und betont ihre Bedeutung für die Erkennung "frühkindlicher Hirnschäden" (GÖLLNITZ, 1954, 1970; HÜNNEKENS u. KIPHARD, 1963; KIPHARD, 1967). Nach GEISLER u. FÖRSTER (1960) wird die Motorik bei cerebrally geschädigten Kindern häufiger in ihrer Entwicklung gestört als die Intelligenz.

Bei der neurologisch-psychiatrischen Untersuchung werden auffallende Bewegungsweisen vorwiegend motoskopisch und beschreibend erfaßt (HOMBURGER, 1923; OSERETZKY, 1925, 1931, 1955). Auch bei der motometrischen Bewertung verschiedener Aufgaben (HÜNNEKENS et al., 1967; KIPHARD u. SCHILLING, 1970) ist die Beurteilung durch den Untersucher von ausschlaggebender Bedeutung; außerdem wird in Form bestimmter Testergebnisse mehr der Erfolg einer Bewegung als ihr Ablauf festgehalten. So ist auf vielerlei Art versucht worden, Methoden zur Objektivierung von Bewegungsabläufen zu entwickeln: STEINWACHS (1952, 1962) u.a. arbeiteten mit der verbesserten KRAEPELIN'schen

Schreibwaage; SCHILLING (1968) registrierte mit Hilfe des photoelektronischen Prinzips unter anderem Klopfbewegungen der Hände; BONNEVIER (1968) bediente sich der mechanischen Aufzeichnung von Drehbewegungen des Unterarmes; BRICHICIN et al. (1968) untersuchten die Flexionsbewegung im Ellenbogengelenk mittels elektromyographisch-mechanischer Registrierung; BAUMANN (1968) stellte die Möglichkeiten der kinematographischen Bewegungsanalyse dar, wie sie vor allem in der Sportmedizin Anwendung findet.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, den Ablauf einer einfachen Bewegung graphisch zu registrieren. Dabei sollte festgestellt werden, welche objektiven Parameter mit einer solchen Methode zu erfassen sind. Da eine komplexe Bewegung schwer darzustellen und zu beurteilen ist, untersuchten wir zunächst die gleichförmige Drehbewegung des Unterarmes (Pronation-Supination).

#### Methode:

Wir brachten ein genau lineares Drehpotentiometer in der Höhe verstellbar an einem Stativ an. Am Widerstand lag eine über ein Gleichspannungsnetzgerät auf 5 Volt transformierte stabilisierte Gleichspannung. Der Regelbereich des Widerstandes erstreckte sich von 0 bis 2,7 Volt; dies entsprach einem maximalen Drehwinkel von  $270^{\circ}$ . Die durch Drehung des Potentiometers veränderbare Spannung wurde abgegriffen und mittels eines elektrischen Schreibgerätes ("KOMPENSOGRAF III" der Fa. Siemens) auf einem mit konstan-

ter Geschwindigkeit (1 cm/sec) bewegtem Papierstreifen registriert. Die Pronations-Supinations-Bewegung war auf diese Weise als sinusähnliche Kurve darzustellen (Abb.4).

Die Fußplatte des Stativs war so gepolstert, daß eine Mulde zum Auflegen des Ellenbogens entstand. Die Probanden saßen auf einem Stuhl, dessen Höhe so eingestellt wurde, daß bei aufgelegtem Ellenbogen der Winkel zwischen Ober- und Unterarm in allen Tests etwa 60 bis 70° betrug. Die Finger einer Hand wurden locker um den T-förmigen Griff des Potentiometers gelegt; dessen Abstand vom Stativfuß war so zu wählen, daß es nicht zum Faustschluß kam, während der Ellenbogen fest auf der Unterlage ruhte (Abb. 1).

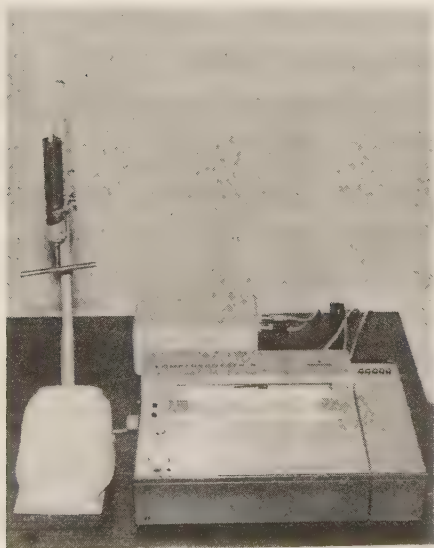


Abb. 1 a)

Versuchsgeräte:

- li. vorn Stativ mit  
Drehpotentiometer
- re. vorn Schreibgerät  
hinten Gleichspannungs-  
netzgerät



Abb. 1 b) Versuchsaufbau mit Versuchsperson  
(Vp. und Registriereinheit sind durch  
einen Wandschirm voneinander getrennt)

Den Kindern wurde mit jeweils gleichen Worten erklärt, daß sie ihre Hand so schnell wie möglich hin- und herzudrehen hätten; sie sollten sich nicht ablenken lassen und nur darauf achten, daß ihr Ellenbogen auf dem Polster liegenbleibe. Dann wurden sie zu einer kurzen Probe aufgefordert, um festzustellen, ob die Anweisung verstanden war. Bevor der eigentliche Versuch begann, mußten die Kinder eine maximale Pronations-Supinations-Bewegung ausführen, die bei unbewegtem Papierstreifen registriert wurde und den individuellen maximalen Bewegungsspielraum anzeigte.

Anschließend hatten die Probanden auf ein Kommando hin unter Stoppuhrkontrolle eine halbe Minute lang ihren Unterarm in der geschilderten Weise zu bewegen. Die Aufzeichnung erfolgte während der ersten und der letzten 10 Sekunden dieses Zeitabschnitts. Der Versuch wurde stets zunächst rechts, dann links ausgeführt.

Nur ein Kind verweigerte aus Scheu vor dem Gerät die Teilnahme. Alle anderen waren gern zum Mittun bereit; da sie meist in Gruppen untersucht wurden, konnte das Gefühl eines spielerischen Wettbewerbs aufkommen.

Notiert wurden auch assoziierte Bewegungen des jeweils untätigen Unterarmes, der in derselben Weise gebeugt zu halten war wie der untersuchte. Im Versuchsprotokoll wurde ferner festgehalten, ob das Kind rechts- oder linkshändig war, was durch zumeist anwesende Erziehungspersonen wie Eltern oder Lehrer bestätigt wurde. Außerdem maßen wir die Armlänge und den größten Umfang des Unterarms (in der Mitte des proximalen Drittels). Aus Klassenbüchern bzw. Krankenblättern waren Anhaltspunkte für die soziale Herkunft (Beruf des Erziehungsberechtigten) und bei Klinikpatienten auch die Diagnose der Erkrankung zu entnehmen.

#### Versuchspersonen:

Es wurden 63 Kinder einer Erlanger Volksschule und 55 ambulante wie stationäre Klinikpatienten im Alter zwischen 6 und 9 Jahren untersucht. Bei letzteren wurde besonders darauf geachtet, daß sie keine neurologischen Auffälligkeiten boten,

nicht durch die Erkrankung in ihrem Gesamtzustand beeinträchtigt und in der Beweglichkeit der oberen Extremitäten nicht eingeschränkt waren.

Zusätzlich untersuchten wir 21 Kinder mit verschiedenartiger neurologischer Symptomatik: Patienten nach leichten Schädel-Hirn-Traumen, bei denen das Unfallereignis 4 bis 5 Tage zurücklag, sowie solche, die vor mehreren Jahren eine Encephalitis durchgemacht hatten und zu einer Kontrolluntersuchung einbestellt waren (Tab.1, Spalte II). Die wenigen schweren neurologischen Krankheitsbilder (Tab. 1, Spalte III) waren mannigfaltig: teils bereits operierte, teils noch in der Diagnostik befindliche Prozesse wie Kleinhirntumoren, Hämiparese, Hämiparesen, operierte Hämatom, außerdem Encephalitis in der Rekonvaleszenz und Anfallsleiden.

| Alter<br>(Jahre) | I<br>keine neurol.<br>Erkrankung |    | II<br>leichte neurol.<br>Erkr. ohne path.<br>Befunde z.Z.<br>des Versuchs |   | III<br>schwerere neuro-<br>logische Er-<br>krankung |   |
|------------------|----------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|---|
|                  | ♂                                | ♀  | ♂                                                                         | ♀ | ♂                                                   | ♀ |
| 6                | 16                               | 13 | -                                                                         | 2 | 1                                                   | 1 |
| 7                | 15                               | 18 | 1                                                                         | 3 | 3                                                   | - |
| 8                | 18                               | 19 | 3                                                                         | 1 | 1                                                   | 2 |
| 9                | 12                               | 7  | -                                                                         | 1 | 2                                                   | - |
| Gesamt           | 61                               | 57 | 4                                                                         | 7 | 7                                                   | 3 |

Tab. 1 Versuchspersonen

### Versuchsauswertung und Ergebnisse:

Bei jedem Probanden wurde der Bewegungsablauf in einer ersten und (nach 20 Sekunden) einer zweiten 10sec-Phase aufgezeichnet, jeweils für die rechte und die linke Hand. Der zu Beginn jedes Versuchs registrierte maximale Drehwinkel diente zur Konstruktion einer Hilfslinie, die senkrecht zur Maximalamplitude durch ihren Halbierungspunkt gelegt den gesamten Kurvenverlauf durchzog. Auf dieser Strecke waren 10sec-Intervalle (10 cm) genau abzutragen. Wir zählten dann alle in diesem Bereich befindlichen Kurvenscheitel aus, d.h. wir berücksichtigten aus Gründen größerer Genauigkeit die doppelte Frequenz (im folgenden mit  $f$  bezeichnet). Dementsprechend maßen wir als Amplitude dieselbe Anzahl von Verbindungen zwischen jeweils zwei Scheitelpunkten. Diese Werte wurden summiert und gaben ein Maß für die Gesamtamplitude  $a$ ; sie entspricht dem Weg, den die Schreibspitze in 10 Sekunden zurücklegte. Der Quotient  $a/f$  ergibt die durchschnittliche Amplitude  $\bar{a}$ , wenn man bei der Steilheit der Kurven den geringen Unterschied zur wahren senkrechten Amplitude vernachlässigt.

Eine Beziehung zwischen dem oft erstaunlich großen maximalen und dem durchschnittlichen Drehwinkel war nicht zu erkennen. Hingegen variierte die mittlere Amplitude zwischen den einzelnen Phasen oft derartig, daß beispielsweise die Frequenz in der 2. Periode gegenüber der ersten beibehalten oder gar gesteigert wurde, während die Amplitude erheblich abnahm. Die Ermüdung kann sich also nicht allein

in einer Verminderung der Frequenz ausdrücken - es muß entsprechend auch der Umfang der Bewegung berücksichtigt werden.

Die Gesamtamplitude  $a$  entspricht, definiert als Weg/Zeit, der Geschwindigkeit; mit dem Produkt  $f \cdot a$  war die durchschnittliche Beschleunigung  $b$  (Weg/Zeit<sup>2</sup>) zu errechnen.

Für diese Größen (Frequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung) stellten wir eine Häufigkeitsverteilung in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht getrennt nach 1. und 2. Phase auf. Um den Einfluß der Händigkeit auszuschalten, bildeten wir aus den entsprechenden Werten für beide Extremitäten das arithmetische Mittel (damit dürfte eine von der Händigkeit weitgehend unabhängige Größe ermittelt sein).

(Für diese Aufstellung benutzten wir die Ergebnisse der Probanden aus Tab.1, Spalte I.)

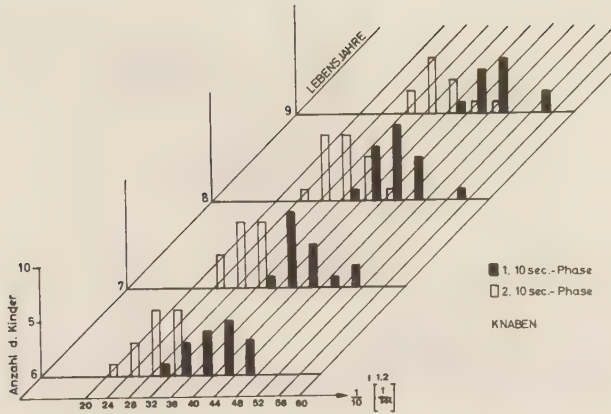


Abb. 2 a) Häufigkeitsverteilungen der Frequenzwerte für Knaben

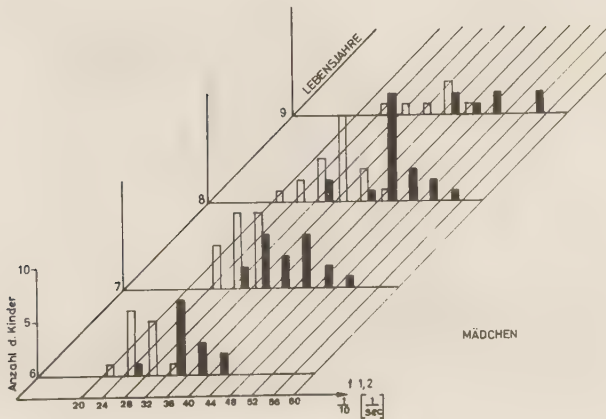


Abb. 2 b) Häufigkeitsverteilungen der Frequenzwerte für Mädchen

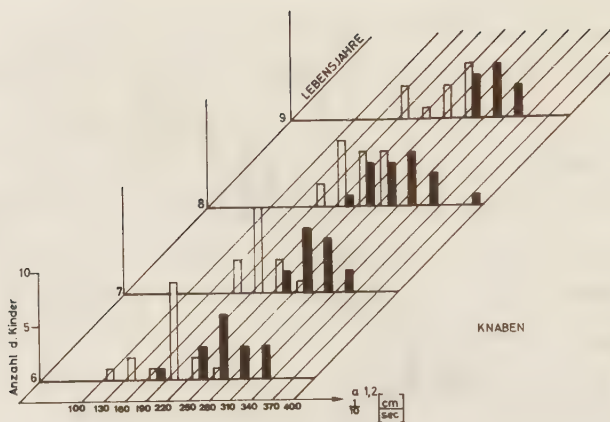


Abb. 2 c) Häufigkeitsverteilungen der Geschwindigkeitswerte für Knaben

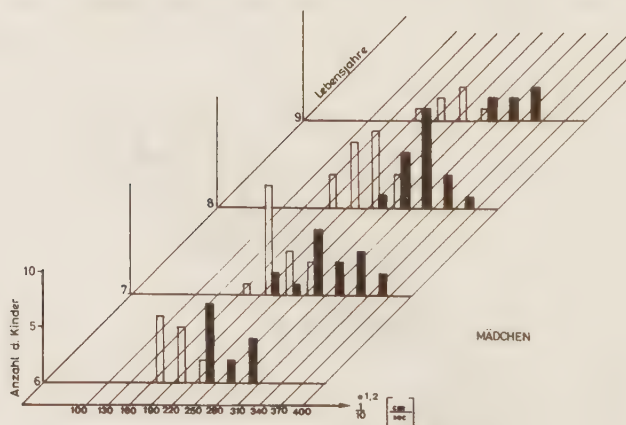


Abb. 2 d) Häufigkeitsverteilungen der Geschwindigkeitswerte für Mädchen

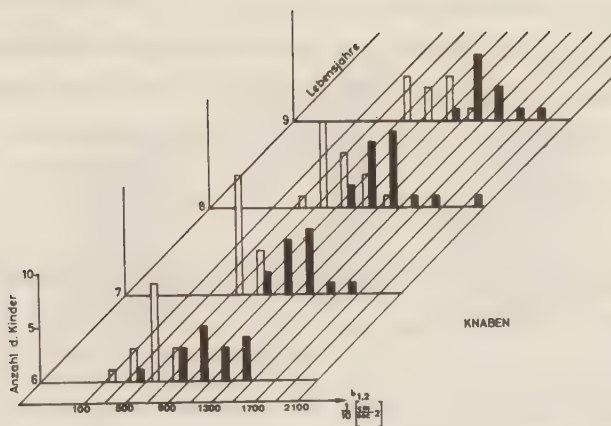


Abb. 2 e) Häufigkeitsverteilungen der Beschleunigungswerte für Knaben

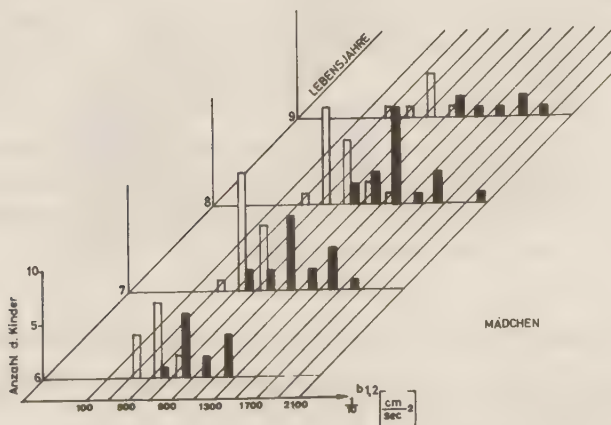


Abb. 2 f) Häufigkeitsverteilungen der Beschleunigungswerte für Mädchen

Die Anzahl der Versuche war zu gering, um die Art der Verteilung statistisch prüfen zu können. Aus den Häufigkeitsverteilungen errechneten wir die mittleren Erwartungswerte der einzelnen Gruppen sowie deren Varianz und Standardabweichung (Tab.2).

| Alter<br>(Jahre) | mittlerer EW für                                   |      |                |      | mittlerer EW für                                           |     |                |     | mittlerer EW für                                             |      |                |     |     |
|------------------|----------------------------------------------------|------|----------------|------|------------------------------------------------------------|-----|----------------|-----|--------------------------------------------------------------|------|----------------|-----|-----|
|                  | f <sub>1</sub>                                     | s    | f <sub>2</sub> | s    | a <sub>1</sub>                                             | s   | a <sub>2</sub> | s   | b <sub>1</sub>                                               | s    | b <sub>2</sub> | s   |     |
| ♂                | 6                                                  | 39,6 | 5,8            | 30,2 | 3,5                                                        | 271 | 34             | 197 | 36                                                           | 1062 | 273            | 574 | 160 |
|                  | 7                                                  | 40,9 | 5,1            | 30,8 | 2,8                                                        | 279 | 21             | 209 | 21                                                           | 1118 | 215            | 653 | 91  |
|                  | 8                                                  | 42,0 | 4,6            | 33,6 | 3,6                                                        | 280 | 24             | 227 | 26                                                           | 1163 | 292            | 742 | 207 |
|                  | 9                                                  | 45,3 | 4,6            | 36,0 | 4,5                                                        | 292 | 27             | 230 | 35                                                           | 1316 | 212            | 833 | 198 |
| ♀                | 6                                                  | 35,5 | 4,0            | 27,8 | 2,8                                                        | 258 | 25             | 196 | 14                                                           | 937  | 205            | 569 | 133 |
|                  | 7                                                  | 38,6 | 5,6            | 30,6 | 3,2                                                        | 285 | 41             | 220 | 22                                                           | 1074 | 290            | 654 | 120 |
|                  | 8                                                  | 42,6 | 5,6            | 32,7 | 4,6                                                        | 292 | 21             | 221 | 21                                                           | 1239 | 300            | 725 | 191 |
|                  | 9                                                  | 45,4 | 6,2            | 33,7 | 9,0                                                        | 299 | 24             | 222 | 25                                                           | 1370 | 298            | 741 | 184 |
|                  | $\frac{1}{10} \left[ \frac{1}{\text{sec}} \right]$ |      |                |      | $\frac{1}{10} \left[ \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \right]$ |     |                |     | $\frac{1}{10} \left[ \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \right]$ |      |                |     |     |

Tab. 2: Mittlere Erwartungswerte für Frequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung der 1. und 2. Phase sowie ihre Standardabweichung in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht (n = 118)

In den Diagrammen (Abb.3) sind die mittleren Erwartungswerte mit dem Bereich der 2-fachen Standardabweichungen über dem Alter aufgetragen:

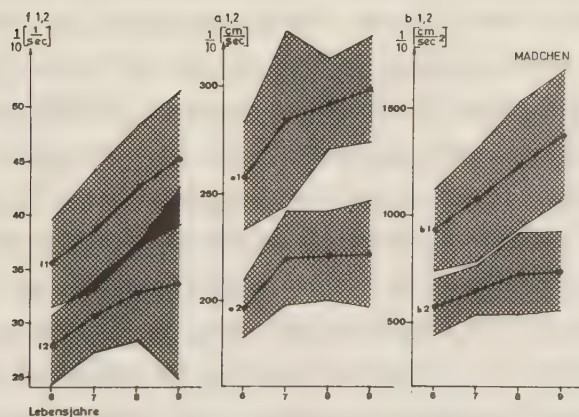
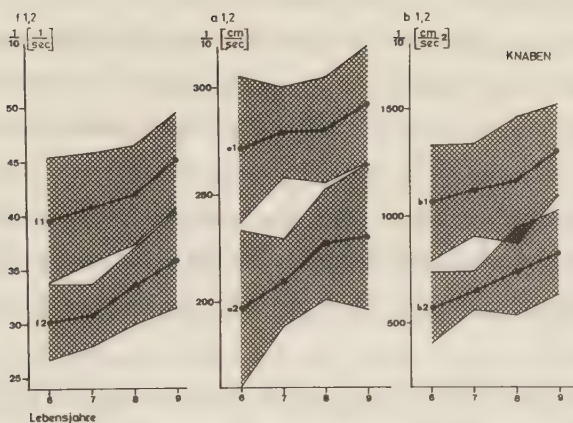


Abb. 3 Mittlere Erwartungswerte von Frequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung der 1. und 2. Phase in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht (2s-Bereich schraffiert)

Die Ergebnisse von Jungen und Mädchen zeigen keinen nennenswerten Unterschied. Signifikante Altersdifferenzen ergeben sich für keines der Merkmale, wenn auch die ansteigende Tendenz deutlich ist; sie statistisch zu sichern wäre bei größerem Versuchsumfang wohl möglich.

Auf den 2s-Bereich der 1. wie auch der 2. Phase entfallen für die Frequenz durchschnittlich 80 % aller Werte, für die Geschwindigkeit ca. 75 % und für die Beschleunigung etwa 68 %.

Der Anstieg von Frequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Bewegung mit zunehmendem Lebensalter kann verursacht sein durch altersbedingten Kräftezuwachs, aber auch durch den fortschreitenden Entwicklungsprozeß des Nervensystems. Wenn wir als grobes Maß für die Kraft der Versuchspersonen den Unterarmumfang ansehen (GUTTMANN verwandte beispielsweise die Messung des Muskelumfangs zur Klassifizierung der allgemeinen Leistungsfähigkeit) und anstelle des Alters diesem die entsprechenden Mittelwerte zuordnen (adipöse Kinder wurden ausgeschlossen), so ergibt sich für die männlichen Probanden in den ersten drei Klassen (16-19 cm Unterarmumfang) ein Kurvenverlauf mit leicht negativer Steigung, während erst in der vierten Klasse (19-20 cm) ein Anstieg erfolgt. Die Zunahme der drei Größen ist also mit dem Alter besser korreliert als mit der Kraft (soweit man diese dem Unterarmumfang proportional setzen kann). Folglich scheint es, daß der Reifung koordinativer Funktionen die größere Bedeutung für den Bewegungsablauf zukommt.

Die Kurvenverläufe der 1. und 2. Phase zeigen bei den Jungen einen nahezu gleichen Anstieg, d.h. die Differenz bleibt etwa konstant, während die Kurven der weiblichen Probanden leicht divergieren und mit zunehmendem Alter und entsprechender Leistung in der 1. Phase die Ermüdung größer wird. (Aufgrund der sehr kleinen Gruppe neunjähriger Mädchen dürfte dieses Ergebnis allerdings nicht repräsentativ sein.)

Am stetigsten erfolgt mit dem Lebensalter der Anstieg von Frequenz und Beschleunigung. Da jedoch - wie schon erwähnt - neben der Häufigkeit der Bewegungen auch der Drehwinkel mitentscheidend ist, messen wir die größere Bedeutung dem Wert der durchschnittlichen Beschleunigung zu, mit dem auch die Amplitude berücksichtigt wird.

Bei Auswertung der Bewegungsaufzeichnungen fiel noch folgendes Phänomen auf: Die Scheitelpunkte der Kurven bewegten sich geringfügig und nahezu kontinuierlich in periodischer Weise auf die Hilfslinie zu und entfernten sich im weiteren Verlauf wieder von ihr. Wenn wir also die Gesamtkurve mit einer "Umhüllenden" (Modulierende) versehen, so ähnelt diese einer Sinusfunktion von unterschiedlicher maximaler Elongation und Phasenlänge. Sie dürfte Ausdruck corticaler Korrekturvorgänge sein: wenn die zunehmend unterbewußt gesteuerte Bewegung allzu sehr aus der Mittellage abgeleitet, wird sie nach Art eines Regelmechanismus wieder aufgefangen, um in einen "physiologischen" Bereich zurückzukehren (s. Abb. 4)

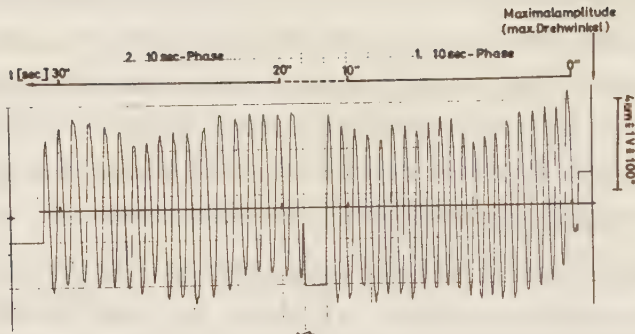


Abb. 4 Bewegungskurve eines gesunden Kindes

Bisher wurden bei der Auswertung Rechts-Links-Unterschiede nicht berücksichtigt, da wir die Werte für beide Extremitäten zusammenfaßten.

Im folgenden gingen wir von der Überlegung aus, daß die beobachtete schnelle Pronations-Supinations-Bewegung nur einem geringen alltäglichen Trainingseinfluß unterliegt und somit ein Ausdruck für Dominanzverhalten sein könnte. Daher berechneten wir nun für jeden Probanden den Quotienten  $b_1/b_2$  getrennt für die rechte und die linke Hand. Die Beschleunigungen der 1. Phase wurden also zu denen der 2.Phase ins Verhältnis gesetzt; der Quotient ergibt Werte, die (immer größer als 1) eine Aussage über den Ermüdungsgrad der betreffenden Extremität abgeben können. Im Diagramm (Abb.5) sind die Beschleunigungsverhältnisse der linken Hand zu denen der rechten (nach Geschlechtern getrennt)

ingezeichnet. Oberhalb der Diagonalen finden sich demnach jene Fälle, bei denen die Ermüdung rechts größer war als links, unterhalb diejenigen, die links stärker ermüdeten als rechts. (Für diese Aufstellung benutzten wir die Werte der Versuchspersonen aus Tab.1, Spalte I und II). Unter 65 Jungen waren 5 eindeutige und 4 rechtsschreibende Linkshänder bekannt, bei 64 Mädchen 3 eindeutige und 2 rechtsschreibende.

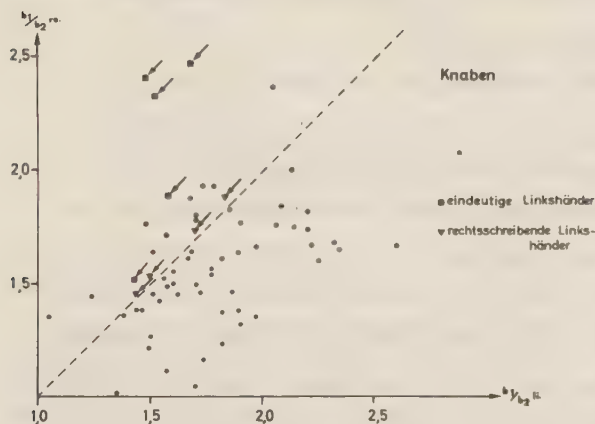
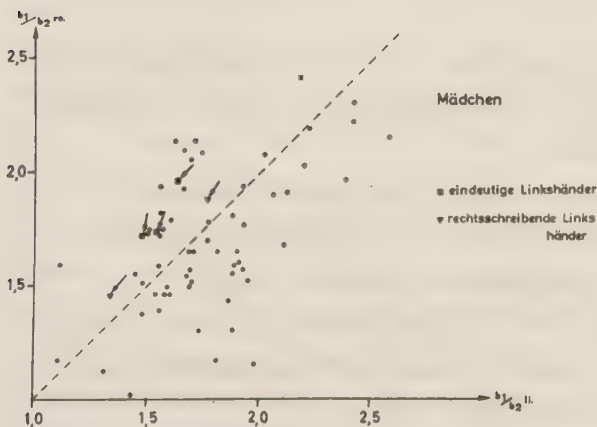


Abb. 5

**Ermüdungsverhältnisse der rechten und der linken Hand bezüglich ihrer Beschleunigungen für männliche und weibliche Probanden**



Neuere Verfahren zur Bestimmung der Händigkeit haben gezeigt, daß eine Alternativeinteilung - Rechts- oder Linksdominanz - unzureichend ist, daß man vielmehr zwischen "extremer" und "mittlerer" Rechts- bzw. Linkshändigkeit und Ambidextrie zu unterscheiden habe. Eine solche Klassifizierung erschien bei den vorliegenden Ergebnissen jedoch nicht sinnvoll; wir beschränkten uns daher allein auf die Betrachtung der Merkmale "Ermüdung links größer als Ermüdung rechts" und umgekehrt.

Sollte die Ermüdung wirklich als Kriterium für die Dominanz dienen können, ist zu erwarten, daß alle bekannten Linkshänder nach dieser Methode auch als solche erscheinen: Das ist ausnahmslos der Fall (s. Abb.5). Bei dem relativ geringen Versuchsumfang und fehlender objektiver Kontrolle der Händigkeit kann dieses Ergebnis allerdings statistisch nicht gesichert werden. Für Probanden, welche bei der subjektiven Angabe von Rechtshändigkeit nach unserem Schema in den "Linksbereich" fallen, sind folgende Erklärungen möglich:

1. ein großer Teil gruppiert sich in geringem Abstand um die Mittellinie und wäre somit möglicherweise als beidhändig anzusehen;
2. unter ihnen sind eventuell "maskierte" Linkshänder, die ihrer Umgebung nicht als solche aufgefallen sind oder sich den Rechtshändern angepaßt haben;
3. da der Versuch stets zunächst rechts ausgeführt wurde, ist unter Umständen ein gewisser Trainingseffekt auch bezüglich der linken Hand denkbar.

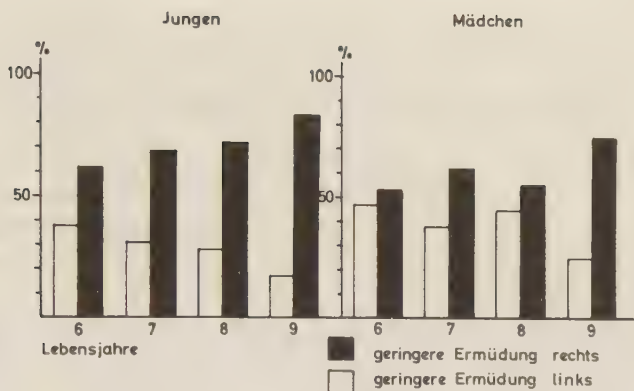


Abb. 6 Prozentuale Häufigkeiten von rechts geringer ermüdeten und von links geringer ermüdeten Probanden, nach Alter und Geschlecht getrennt.

Abbildung 6 zeigt, daß mit zunehmendem Alter offensichtlich auch die Rechtshändigkeit zunimmt, und zwar bei den Mädchen langsamer als bei den Jungen. (Die Werte der achtjährigen weiblichen Probanden machen eine Ausnahme, die jedoch durch die geringen Gruppengrößen zu erklären ist).

SUCHENWIRTH und Mitarbeiter (1967, 1969, 1970) vertreten nach umfangreichen Händigkeitsuntersuchungen die These, daß die meisten Menschen primär Ambidexter sind neben einer kleinen Kerngruppe von anlagemäßigen Links- und ebensolchen Rechts-händern; erst im Laufe des Lebens (besonders in Schul- und Lehrzeit) werde ein Lateralisationsprozeß durchlaufen, der in den meisten Fällen unter den sozio-kulturellen Einflüssen zur Rechtshändigkeit führe; die Festlegung der Händigkeit erfolge bei Jungen früher als bei Mädchen. Unsere Ergebnisse bestätigen diese Aussagen.

## Diskussion:

Die von uns untersuchte Pronations-Supinations-Bewegung entsteht durch das Zusammenspiel mehrerer antagonistischer Armmuskeln. Als Supinatoren sind besonders hervorzuheben die mm. biceps brachii und supinator, die Pronation bewirken vor allem die mm. pronator teres und pronator quadratus; der m. brachioradialis wirkt je nach Ausgangsstellung supinatorisch oder pronatorisch. Die Bewegung erfolgt im proximalen und distalen Radio-Ulnar-Gelenk (räumlich getrenntes, funktionell zusammengehörendes Radgelenk) derartig, daß in Supinationsstellung die beiden Unterarmknochen parallel zueinander stehen, während sich in Pronation der Radius schräg über die Ulna legt. In Streckstellung des Armes beträgt der Rotationswinkel in den genannten Gelenken beim Erwachsenen etwa  $120^\circ - 140^\circ$ , wird jedoch bei schwächerem Muskeltonus größer ( $180^\circ - 190^\circ$  an der Leiche). Das Drehmoment (die Kraft) nimmt zu, wenn der Unterarm stärker gegen den Oberarm gebeugt ist (s. v. LANZ-WACHSMUTH, 1959).

In unseren Versuchen ergaben sich maximale Drehwinkel von  $200^\circ$  und mehr. Offensichtlich ist also (wohl auch infolge eines geringeren Muskeltonus) der Bewegungsumfang des kindlichen Armes größer, denn es wurde darauf geachtet, daß Hand und Finger die Drehung nicht unterstützten.

Von Bedeutung für die klinische Untersuchung ist die Pronations-Supinations-Bewegung in der Neurologie zur Prüfung der Diadochokinese; die Fähigkeit, antagonistisch wirksame Muskeln in schneller Folge harmonisch einzusetzen, ist Ausdruck des Koordinationsvermögens. Ausfälle im Bereich der die Koordination steuernden Strukturen können zu erheblichen Störungen der statischen Funktionen und Bewegungsabläufe führen (Ataxie, Dysmetrie) (SCHEID, 1968).

GÖLLNITZ betont, daß es insbesondere bei "frühkindlichem Hirnschaden" zu starker Behinderung der Koordination beim Aufbau der Motorik komme.

Die Beurteilung der Diadochokinese im Verlauf der neurologischen Untersuchung erfolgt gewöhnlich so, daß der Untersucher den Bewegungsablauf beobachtet und nach visueller

Bewertung als eu-, dys- oder adiadochokinetisch einstuft. Das vorliegende Verfahren gibt in Form definierter Größen Aufschluß über Art und Umfang der Bewegung; durch Aufzeichnung des Bewegungsablaufes sind Augenblicksbefunde zu objektivieren und mit anderen zu vergleichen.

Unsere Versuchsergebnisse entsprechen denen von BONNEVIER, der mit einer ähnlichen, allerdings mechanischen Methode Schulkinder (ausschließlich Rechtshänder) untersuchte.

Er zog nur die Frequenz zur Auswertung heran; wir halten jedoch die Größe der Beschleunigung, in die auch die Amplitude eingeht, für aussagekräftiger, da sie sich im Laufe der Ermüdung nicht in so uncharakteristischer Weise ändert, wie wir es für die Frequenz gezeigt haben. Auch BRICHĆÍN und POLÁK stellten fest, daß die Verlangsamung der Bewegung bei Patienten mit endogener Depression vor allem durch eine ausgeprägte Senkung der maximalen Beschleunigung gekennzeichnet ist. Ziel unserer Untersuchung war, für die Parameter des geschilderten Bewegungsablaufes Normwerte anzugeben; diese sind erforderlich, wenn eine Abgrenzung neurologisch auffälliger Patienten von neurologisch Gesunden durchgeführt werden soll. BONNEVIER fand eine durchschnittlich niedrigere Frequenz der Bewegung bei Schulversagern gegenüber normal lernenden Kindern. Wir erwarten daher ähnliche Ergebnisse von umfangreicheren Untersuchungen an Kindern, die eine verminderte "Bewegungsbegabung" bzw. eine Einschränkung der Diadochokinese vermuten lassen (Schulversager, geistig Retardierte und Kinder mit anderen hirnorganischen Defekten). Bei unseren wenigen Patienten mit schwe-

rerer neurologischer Symptomatik konnten wir feststellen, daß Frequenz-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte meist unter den Durchschnittswerten der neurologisch gesunden Kinder lagen.

Die graphische Aufzeichnung ließ eine Dys- oder Adiadochokinese gut erkennen (Abb.7), so daß wir sie für die objektive Verlaufsbeobachtung von Koordinationsstörungen z.B. bei Kleinhirnprozessen für geeignet halten.

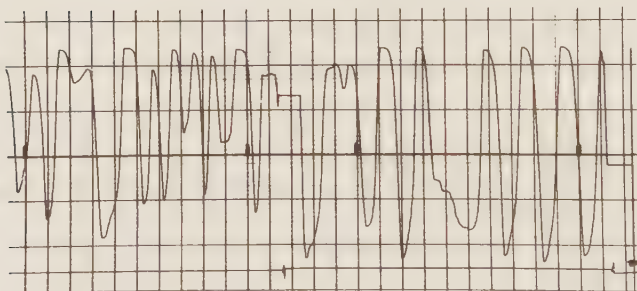


Abb. 7 Beispiel einer adiadochkinetischen Bewegung (siebenjähriger Patient nach schwerer Hirnkontusion)

Ebenso ist mittels der vorliegenden Methode eine Verlaufskontrolle bei in der Rückbildung befindlichen Hemiplegien oder isolierten Paresen der oberen Extremitäten möglich; der Erfolg therapeutischer Bemühungen läßt sich eventuell schon früh erkennen. Auffällige Seitenunterschiede können auf eine Läsion im Bereich einer Hemisphäre hinweisen.

Die Frage, ob die Methode zur Händigkeitsbestimmung geeignet ist, wäre in einer umfangreichen Untersuchung weiter zu prüfen; dabei müßten die Ergebnisse mit denen eines analog durchgeführten Tests korreliert werden, dessen Aussage hinsichtlich der Dominanz als gesichert betrachtet werden kann.

#### Zusammenfassung:

1. Mittels eines Drehpotentiometers wurde die Pronations-Supinations-Bewegung des Unterarmes bei Kindern graphisch aufgezeichnet: Der Bewegungsablauf stellt sich als sinus-ähnliche Kurve dar.
2. Mit dieser Methode registrierten wir die diadochokinetische Bewegung von 139 Kindern im Alter von 6 bis 9 Jahren.
3. Aus den Kurvenaufzeichnungen waren Frequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Bewegung zu analysieren; es wurden Durchschnittswerte für gesunde Kinder verschiedenen Alters errechnet.
4. Um den Einfluß der Händigkeit auszuschalten, arbeiteten wir zunächst mit dem arithmetischen Mittel der Ergebnisse für beide Extremitäten: Mit zunehmendem Alter zeigen Frequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung höhere Werte. Geschlechtsunterschiede waren nicht zu erkennen.
5. Der durchschnittlichen Beschleunigung kommt nach unserer Untersuchung für die Beurteilung des Bewegungsablaufes größere Bedeutung zu als den anderen Parametern. Die Betrachtung nur der Frequenz kann zu uncharakteristischen

Ergebnissen führen, da sie den Umfang der Bewegung unberücksichtigt läßt. Die Geschwindigkeit hingegen zeigt eine kennzeichnende altersabhängige Zunahme weniger deutlich als die Beschleunigung.

6. Wegen des relativ kleinen Versuchsumfangs waren die Altersunterschiede der für 118 neurologisch gesunde Kinder ermittelten Durchschnittswerte statistisch nicht zu sichern. Nach eigenen Vorversuchen ist zu vermuten, daß bei Kindern mit ausgeprägter neurologischer Symptomatik die genannten Größen deutlich niedriger liegen als bei Gesunden.
7. Mit der beschriebenen Methode können in Form definierter Bewegungsgrößen Augenblicksbefunde festgehalten werden. Damit ist eine objektive Verlaufskontrolle bei neurologischen Erkrankungen möglich, welche mit Einschränkung oder Störung der Pronations-Supinations-Bewegung des Unterarmes einhergehen (Koordinationsstörungen unterschiedlicher Genese, Paresen usw.).
8. In der Einzelauswertung von Ergebnissen der rechten und linken Hand waren deutliche, jedoch statistisch nicht näher zu prüfende Seitenunterschiede erkennbar. Ob diese ein direktes Zeichen für Dominanzverhalten sind, wäre in einer weiteren, umfangreicheren Untersuchung zu klären.

Schrifttum:

- BAUMANN, W.: Über die kinematografische Bewegungsanalyse.  
Med.Welt N.F. 19 (1968) 2168.
- BONNEVIER, J.: A study of diadochokinesia in schoolchildren.  
Acta Paedopsychiat. 35 (1968) 70.
- BRICHČÍN, M., O.POLÁK, P.FISCHER, O.LANG: Kinesiographic  
and elektromyographic analysis of motor activity  
in man. Activ.nerv.sup. (Praha) 10 (1968) 51.
- GEISLER, E., C.FÖRSTER: Über Entwicklungsstörungen der Mo-  
torik bei cerebral geschädigten Kindern und deren  
Bedeutung für die Diagnostik und Praxis.  
Münchn.med.Wschr. 102 (1960) 2391, 2462, 2508.
- GÖLLNITZ, G.: Die Bedeutung der frühkindlichen Hirnschädi-  
gung für die Kinderpsychiatrie. Thieme, Leipzig, 1954.
- GÖLLNITZ, G.: Neuropsychiatrie des Kindes- und Jugendalters.  
Fischer, Jena, 1970.
- GUTTMANN, M.: Zur Klassifikation der körperlichen Leistungs-  
fähigkeit des Menschen. Z.Konstit.Lehre 10 (1925) 631.
- HOMBURGER, A.: Zur Gestaltung der normalen menschlichen  
Motorik und ihre Bedeutung. Z.ges.Neurol.Psychiat.  
85 (1923) 271.
- HÜNNEKENS, H., E.J.KIPHARD: Untersuchungen und Betrachtun-  
gen zur Individualmotorik von Schulkindern.  
Gesundheitsfürs. 13 (1963) 73.
- HÜNNEKENS, H., E.J.KIPHARD, G.KESSELMANN: Untersuchungen  
zur Motodiagnostik im Kindesalter.  
Acta Paedopsychiat. 34 (1967) 17.
- KIPHARD, E.J.: Beitrag zur Diagnostik zentralmotorischer  
Störungen. Z.Heilpäd. 1 (1967) 33.
- KIPHARD, E.J., F.SCHILLING: Der Hamm-Marburger Körperkoo-  
ordinationstest für Kinder (HMKTK). Mschr.Kinderheilk.  
118 (1970) 473.
- KRETZ, V., R.SUCHENWIRTH, U.FERNER: Händigkeit in Abhängig-  
keit vom Lebensalter. Neuropsychol. 8 (1970) 215.
- v.LANZ, T., W.WACHSMUTH: Praktische Anatomie. Bd. I/3 Arm.  
2.Aufl., Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959.
- NEUHÄUSER, G.: Körperbau und Leistungsfähigkeit. Versuch  
einer Übersicht. Fachber.soz.Betriebsprax.2(1963)17.
- OSERETZKY, N.J.: Eine metrische Stufenleiter zur Untersu-  
chung der motorischen Begabung bei Kindern.  
Z.Kinderforsch. 30 (1925) 300.
- OSERETZKY, N.J.: Psychomotorik. Methoden zur Untersuchung  
der Motorik. Z.angew.Psychol.,Beih.57 (1931).

- OSERETZKY, N.J.: Zur Frage der Untersuchung der Motorik von geisteskranken und psychisch minderwertigen Kindern und Jugendlichen.  
Psychiat.Neurol.med.Psychol.(Lpz.) 7 (1955) 283.
- PASSIAN, J., R.SUCHENWIRTH, U.FERNER: Die Lateralisation der manuellen Leistung in Abhängigkeit vom Lebensalter. Fortschr.Neurol.Psychiat.37 (1969) 319.
- POLÁK, O., M.BRICHČÍN: Quantitative Analyse der psychomotorischen Hemmung bei endogenen Depressionen.  
Pharmakopsychiat.Neuro-Psychopharm. 2 (1969) 251.
- SCHEID, W.: Lehrbuch der Neurologie, 3.Aufl., Thieme, Stuttgart 1968.
- SCHILLING, F.: Über Möglichkeiten der fortlaufenden Registrierung einfacher Bewegungsverläufe unter Anwendung des photoelektronischen Prinzips.  
Mschr.Kinderheilk. 116 (1968) 615.
- STEINWACHS, F.: Die verfeinerte mechanische Schreibwaage. Apparatives und Methodisches zur exakten Erfassung der Psychomotorik. Arch.Psychiat.Nervenkr. 187 (1952) 521.
- SUCHENWIRTH, R., U.GALLENKAMP: Die Lateralisation der manuellen Leistung (Rechts- und Linkshändigkeit) in Abhängigkeit vom Lebensalter.  
Fortschr.Neurol.Psychiat. 35 (1967) 373.
- SUCHENWIRTH, R.: Bedingungen der Händigkeit und ihre Bedeutung für die Klinik der Hemisphärenprozesse.  
Nervenarzt 40 (1969) 509.

Herrn Professor Dr. A. Windorfer danke ich für die Möglichkeit, die Untersuchung an der Universitätskinderklinik durchzuführen.

Herrn Priv.Do. Dr. G. Neuhäuser bin ich für die Überlassung des Themas und die Beratung bei der Ausführung der Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Ebenso gilt mein Dank für Beratung in statistischen Fragen Herrn Dr. H. Rohrer, Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung.

Dem Lehrerkollegium der Loschgeschule bin ich für die Unterstützung bei der Untersuchung von Schulkindern sehr verbunden.



### Lebenslauf:

Am 25. November 1946 wurde ich, Rolf-Peter Maack, als Sohn des Behördenangestellten Rudolf Maack und seiner Ehefrau Alexa, geb. Liese, in Hannover geboren.

Dort besuchte ich von 1953 bis 1957 die Volksschule und anschließend den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig des Leibniz-Gymnasiums, an dem ich im Frühjahr 1966 das Reifezeugnis erhielt.

Im Sommersemester 1966 begann ich in Erlangen das Studium der Medizin. Hier legte ich Ende des Wintersemesters 1966/67 die naturwissenschaftliche und nach dem Sommersemester 1968 die ärztliche Vorprüfung ab. Am 8. Februar 1972 bestand ich das Medizinische Staatsexamen.





## **Offsetdruck-Fotodruck**

**J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990**